Archivo 1

Página 3

El desarrollo del presente proyecto se fundamenta en la caracterización petrofísica de dos pozos estratigráficos en el área del bloque CPO 16 de la cuenca Llanos Orientales, a partir de los datos generados en los registros de cada pozo.

El área total de la cuenca de los Llanos Orientales es de aproximadamente 220.000 Km2, de los cuales 153.000 km2 tienen manifestaciones de petróleo pesado y extrapesado. En los últimos años, en el área de la cuenca, se han descubierto 16 campos que producen petróleo con gravedades menores o iguales a 20º API, y algunos otros, que, aunque producen crudo más liviano, han tenido manifestaciones iniciales o tienen horizontes con reservas de crudo pesado aún por desarrollar (Halliburton-Landmark, 2007; Sarmiento, 2011).

Datos obtenidos en el 2011, mostraban que, la cuenca de los Llanos Orientales presentaba una producción de 537.311 barriles de petróleo por día (BOPD), esta cifra es el producto de la extracción en 146 campos productores, de los cuales 39 son campos de crudo pesado y 2 de crudo extrapesado. De acuerdo con la ANH estas cifras representan el 67% de la producción nacional diaria, siendo esta cuenca la mayor productora y con el mayor número de reservas probadas en el país

Pagina 5. Localización

El área de estudio de este trabajo corresponde geológicamente a la Cuenca de los Llanos Orientales (CLLO), la cual es la cuenca antepaís (foreland) sub-andina oriental de la Cuenca Cordillera Oriental (CCO). Está limitada hacia el Oeste por la cordillera Oriental, hacia el Este por el escudo de Guyana, y hacia el Sur por la Serranía de la Macarena y el arco basamento del Vaupés. La cuenca continúa hacia el Norte en Venezuela donde toma los nombres de Cuenca Apure Occidental y Barinas, la cual ha sido separada de la Cuenca Llanos desde el Cenozoico temprano por el arco de Arauca (Sarmiento, 2011). El bloque CPO 16 se encuentra localizado en el extremo Suroccidental de la Cuenca Llanos Orientales, en el departamento del Casanare, más precisamente en las regiones de San Juan de Arama y presenta un área aproximada de 1233 km² (Figura 1).

Pagina 30 . formacion león

Esta formación se encuentra compuesta por una secuencia de lodolitas, areniscas y arcillolitas depositadas en un ambiente lagunar salobre a marino poco profundo. La facie arenosa de la Formación se incrementa hacia el suroeste de la cuenca indicando que ya existía un Piedemonte cordillerano. En esta parte de la cuenca se encuentran espesas intercalaciones arenosas dentro de la formación, se considera que en el área tiene un espesor entre 400-600 pies. De acuerdo a dataciones la edad de esta unidad es asignada como Mioceno Medio (Garavito, 2005).

Pagina 31. Geología de petróleo

Las acumulaciones de petróleo en la Cuenca de los Llanos Orientales se encuentran relacionadas con varios sistemas petrolíferos entre los cuales se destaca, por mayor importancia, el sistema Gachetá-Mirador. Los principales almacenes de dicho sistema son las areniscas de las Formaciones Mirador, Barco, Guadalupe y Une, y como almacenadores secundarios funcionan las unidades arenosas de la Formación Carbonera (Garavito, 2005).

Roca generadora

Las principales rocas generadoras de la cuenca son las lutitas de la Formación Gachetá, la Formación Barco-Los Cuervos y la Formación Une, cuyos valores de TOC varían entre 1 y 3% y presenta kerógeno de tipos II y III. Hacia la parte más occidental de la cuenca se presentan valores de bajos a medios en madurez, los cuales son propicios para generación de hidrocarburos líquidos. Por otra parte, cabe resaltar que el nivel C8 de la Formación Carbonera es considerada roca fuente secundaria de carácter continental la cual ha generado aceite y gas (Garavito, 2005; García, et al., 2009).

Migración

Para la Cuenca Llanos se consideran dos pulsos de migración: el primero ocurrió durante el Eoceno tardío – Oligoceno, asociado a la Orogenia Pre-andina, y otro que se sitúa después de la Orogenia Andina en el Mioceno medio. El primer evento, el pre-andino, ocurrió en la zona donde se encuentra actualmente la Cordillera Oriental y produjo hidrocarburos que migraron hacia la Cuenca de los Llanos, entrampándose en estructuras ya formadas por ese tiempo. El segundo evento,

corresponde a una generación posterior a la Orogenia andina (Mioceno Medio hasta la actualidad), el cual fue restringido a la zona del piedemonte de la cordillera y a las zonas más occidentales de la Cuenca de los Llanos. Se considera al evento de generación pre-andino el más importante, debido a la mejor calidad de la roca generadora y a la mayor madurez alcanzada (Garavito, 2005; García, et al., 2009).

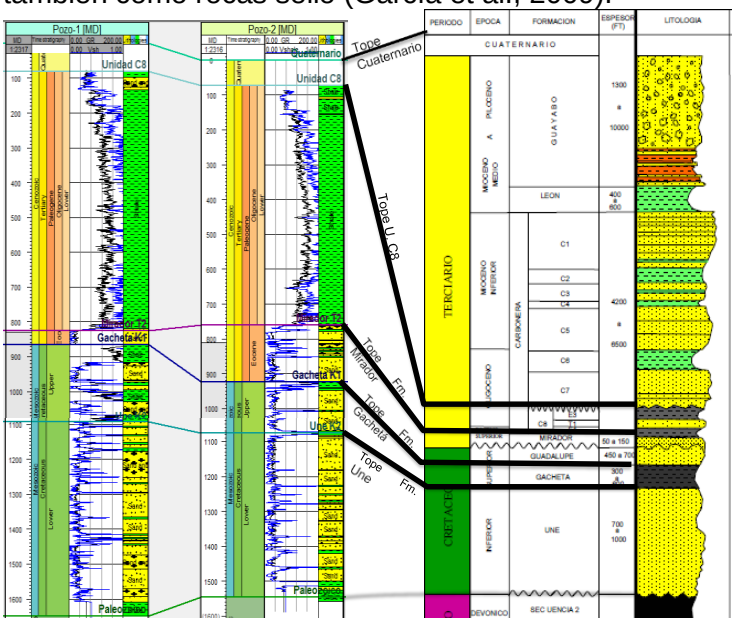
Roca reservorio

Son reservorios de la cuenca las areniscas continentales de la Formación Barco y las unidades arenosas de la Formación Carbonera con porosidades de hasta 20%. Del mismo modo hacia el sur de la cuenca, donde se localiza el área de estudio, la principal roca almacenadora es la Formación Une que está compuesta casi en su totalidad por areniscas con algunas delgadas intercalaciones de shale. Su espesor varía en el área entre 500 y 800 pies aumentando hacia el noroeste, con porosidades entre 15 y 18%. Un almacenador secundario en ésta área es la Formación Mirador. Esta unidad tiene espesores entre 50 y 100 pies y porosidad del orden de 20% (Garavito, 2005; García et al., 2009).

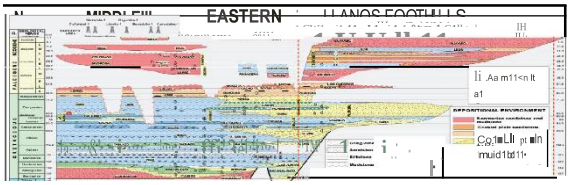
Trampas

De acuerdo con García et al (2009) y Sarmiento (2011), dentro de la Cuenca de los Llanos Orientales se han definido 5 provincias estructurales (Figura 8) y dentro de las mismas los siguientes tipos de entrampamiento:
En la provincia del Piedemonte los cabalgamientos y pliegues son los que proporcionan el mayor número de trampas.
En la provincia del Casanare fallas antitéticas reactivadas en el Mioceno y pequeños movimientos de rumbo, por la compresión Andina, forman las trampas, además de trampas estratigráficas tipo barras y canales.
La provincia de Arauca se caracteriza por un plegamiento suave y fallas de rumbo con movimiento durante el Oligoceno.
En la provincia de Vichada el entrampamiento se atribuye a fallamiento normal entre el Mioceno y el Plioceno.
En la provincia del Meta las trampas principales son pliegues suaves, fallas de rumbo y trampas estratigráficas.

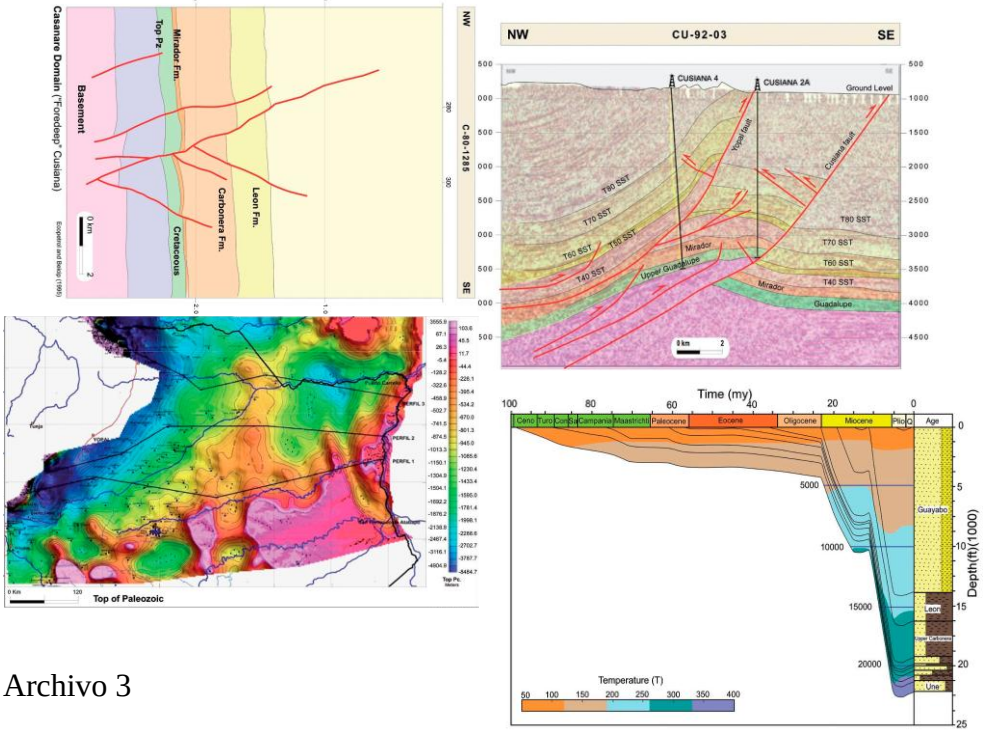
Roca sello
Las lodolitas de la Formación Carbonera, específicamente las del miembro C8, yacen sobre la Formación Mirador, uno de los principales reservorios, y actúan como la roca sello para dicha formación. Cabe resaltar que las lutitas de la Formación Gachetá y las lutitas interestratificadas de la Formación Guadalupe y Une actúan también como rocas sello (García et al., 2009).



Formación León, depositada en un ambiente marino somero durante el Mioceno medio.



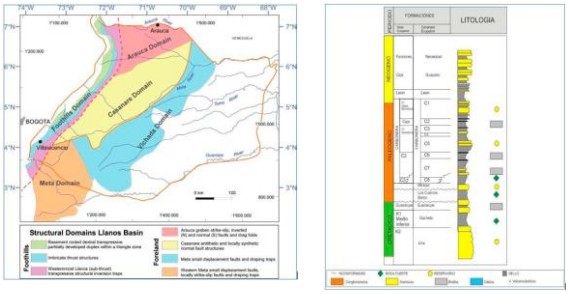
Terreno Piedemonte Llanero, representa el borde W de la Orogenia Andina; caracterizándose por fallas normales invertidas, fallas inversas, deformación desde el basamento, pliegues y fallas de desgarre (Figura 2-7). Como ejemplos de estas estructuras se encuentran las fallas de Santa María, Lengupa, Cumaral, Chaparral, Servitá y Yopal y los sinclinales de Nunchia y Zamaricote. Pag13 – pag15- pag17.



Archivo 3

Página 17. Generalidades

La Cuenca de los Llanos Orientales se localiza al Este del territorio colombiano, comprende los departamentos de Casanare, Arauca, Meta y Vichada, sus límites son: al N con el límite político con Venezuela, al E con el Escudo de Guyana (GS), al S con la Serranía de La Macarena (SM), el Arco Vaupés (VA) y rocas metamórficas del precámbrico (PM) y al W con el Sistema de Fallas de la Cordillera Oriental (figura 1). Página 25



Sistema Petrolero. Página 24

La Cuenca de los Llanos Orientales es bastante conocida a nivel petrolífero, ya que en ella se han perforado más de 2.000 pozos y se encuentran 206 campos productivos (ANH 2018) algunos muy importantes como Rubiales, Caño Limón y Cusiana-Cupiagua (Sarmiento, 2011), que con la información de pozos ha permitido incrementar el conocimiento de los sistemas petrolíferos en la cuenca.

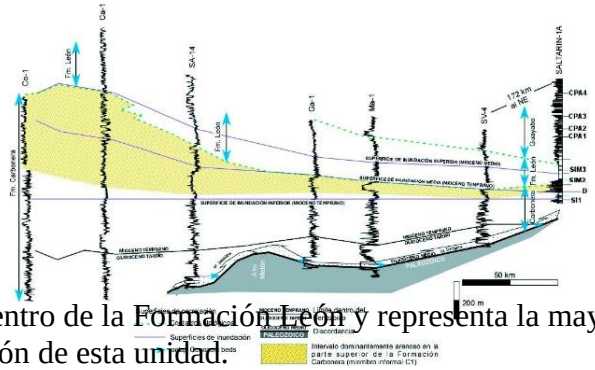
Se han identificado como rocas generadoras de hidrocarburos en la cuenca de los Llanos Orientales a las lutitas (Shales) de las formaciones Une, Gachetá (Chipaque) y Los Cuervos (García et al, 2009).

Los análisis geoquímicos, definen como principal roca generadora a la Formación Gachetá con valores de COT (Carbono Orgánico Total – que mide la cantidad de materia orgánica en una roca) entre 1 y 3%, y valores de reflectancia de vitrinita – Ro (que indica la madurez de la roca para generar hidrocarburos), entre 0,7 y 1% Ro a lo largo del Piedemonte; y se postula a la Formación Carbonera como posible roca fuente, con promedios de COT entre 1 y 2%; la madurez para esta unidad es baja, con excepción de dos sectores: NW de la Cordillera Oriental y cuenca VMM y en el Piedemonte oriental de la Cordillera Oriental, en el área del pozo La María-1, donde los valores de reflectancia de vitrinita alcanzan 0,8% Ro. También fueron identificados algunos niveles con potencial de roca madre en las formaciones paleozoicas, con materia orgánica de origen marino y continental y niveles del Cretáceo Superior (formaciones Paja y Cáqueza); con promedios de %COT entre 0,5-2 y valores de %Ro de hasta 1,5% en algunos sectores.

ARCHIVO 4

PAGINA 30

Esta formación no se dividió en segmentos debido a la homogeneidad de sus litofacies (Ll), aunque es posible distinguir algunos cambios en los patrones de la laminación que permitirían subdividir esta unidad. El espesor de esta unidad es de 105.1 m, su contacto inferior es transicional (ver Fig. 7a). Esta unidad es una secuencia homogénea de lodolitas laminadas verde claras (Ll y Lirr), ocasionalmente verde oscuras y macizas (Lm), hacia la base gris verdosas y hacia el tope verde amarillentas (ver Fig. 7b). En los intervalos laminados (Ll y Lirr) son comunes los rasgos de bioperturbación vertical, horizontal y oblicua, algunos restos de material carbonoso y restos de fósiles, la mayoría de bivalvos. En los intervalos macizos (Lm), son comunes los peds y los nódulos de siderita. Enla parte superior de la sucesión comienza a ganar gradualmente láminas arenosas (LAp y LAo) e incrementa la bioperturbación. Dos muestras de palinología en la parte inferior, indican recobro variado (nulo a muy bueno) de polen y esporas con la presencia de colonias de Botryococcus sp., esporas de helechos y escasos foraminíferos quitinosos. Las tres muestras superiores indican un recobro muy pobre de materia orgánica. La edad en una muestra basal es Mioceno Medio (biozona Ca11 de JARAMILLO & RUEDA 2004).



Esta superficie está dentro de la Formación León y representa la mayor inundación que alcanzó el lago que permitió la acumulación de esta unidad.

La Formación León es una secuencia muy homogénea de lodolitas verdes, las cuales fueron depositadas en un lago extenso y somero con ligera influencia salobre. La transición de esta unidad con la unidad subyacente (Formación Carbonera) y suprayacente (Formación Guayabo), es muy gradual. La edad por palinología es Mioceno Medio.

ARCHIVO 5

DEFINICION PAG77

Esta unidad se denomina la Formación Shale de León por Hedberg (citado en Notestein et al., 1944) de la Quebrada León, donde también se ubica la sección tipo a nueve (9) kilómetros al NW de Puerto Villamizar (Norte de Santander), en el flanco oriental del Anticlinal de Petrolea (Notestein et al., 1944). El nombre reemplaza el término "Horizonte Superior de Shale" de Liddle (1928, en Sutton, 1946) inválido por no derivarse de una ubicación geográfica (Notestein et al., 1944; Sutton, 1946), en el levantamiento geológico de la plancha 88 se usa el termino Formación León. Consiste litológicamente en shales grises a grises verdosos de alta consistencia, la presencia de capas delgadas de areniscas grises con láminas carbonosas es rara, y hacia la base y techo se presencia mayores granulometrías con la presencia de limolitas. Se presencia intercalaciones de areniscas con shales hacia la parte media de la formación. (Notestein et al., 1944; Sutton, 1946). El ambiente de sedimentación de la Formación León se relaciona a aguas salobres y relativamente poco profundas (Notestein et al., 1944; González et al., 1980), Shaub (1948, en González et al., 1980) señala que la unidad posiblemente representa una transgresión marina.

DESCRIPCION LITOLOGICA PAG 78

La Formación León es la unidad más blanda de las diferenciadas en el levantamiento geológico, conforma geomorfológicamente pendientes suaves de montículos a colinas, y conforma regionalmente los valles fluviales de las quebradas La Floresta y Tonchalá (Figura 35). La unidad se distribuye desde la ciudad de Cúcuta en una franja sur-norte, que estructuralmente se dispone en sinclinales y anticlinales (e.g. Sinclinal de Oripaya, Anticlinal de Mucurera), y en el Cerro Tasajero hace parte del Anticlinal invertido deTasajero, y específicamente en el bloque yacente de la Falla Tasajero. La Formación León consiste principalmente de shales friables y fisiles de color gris verdoso (5G 6/1) con alto grado de fracturamiento, con desarrollo de oxidación, donde se presencian lentes y láminas de cristales de yeso. La unidad toma coloraciones rojizas a la intensa meteorización, y en algunos casos se observa la acumulación de caolín próximo a la superficie, dándole un aspecto varicoloreado en algunos casos (Figura 36, 37 y 38).

El contacto entre la Formación León con la Formación Guayabo Inferior es transicionaly consiste en las primeras apariciones de capas gruesas a muy gruesas tabulares dearenitas cuarzosas de grano fino, de color verde, grano-crecientes hacia el tope, conóxidos de hierro diseminado texturalmente. Dado que la unidad es homogénea entoda la plancha 88 – Cúcuta el límite trazado entre formaciones se basa en las primerasapariciones de las areniscas descritas, siendo la base de la formación suprayacente.

Nótese la estratificación (So) es casi imperceptible por la fisibilidad de la roca, como por el fracturamiento que presenta la unidad, además de la formación del regolito en superficie. FIGURA 37

Set de diaclasas verticales (color amarillo) oblicuas a los planos de estratificación (So), no obstante, estos planos concuerdan con la tendencia regional. Estación: JAO - 164. FIGURA 38

La Formación León suprayace la Formación Carbonera, el contacto es conforme según Notestein et al. (1944), no obstante autores como González et al. (1980) mencionan que la naturaleza del contacto es transicional y se posiciona cuando las lutitas arenosas y carbonosas pasan a lutitas puras, en este último punto el levantamiento geológico de la plancha 88 - Cúcuta concuerda en esta transición, que se evidencia en el cambio litológico entre lodolitas arenosas con materia orgánica y mantos de carbón a sales grises verdosos de la Formación León. Contrario a la idea de un contacto transicional a la base Sutton (1946) sugiere que es probablemente discordante, sin embargo este no fue evidenciado en el trabajo de campo. La relación estratigráfica con la unidad suprayacente, el Grupo Guayabo, consta de un contacto transicional como lo menciona Notestein et al. (1944) que observa como los shales dan paso a sedimentos más arenosos, la delimitación de esta unidad al occidente de Cúcuta se marca en los primeros intervalos arenosos observados, como el contacto observado en el anillo vial en sentido E-W. La edad de la Formación León es considerada por Notestein et al. (1944) como Oligoceno superior (tardío) por su posición estratigráfica, Kehrer (1938, en Notestein et al., 1944) por su parte considero la parte superior de la unidad con una edad del Mioceno. Por su parte, Sutton (1946) indica que la microfauna encontrada en la Formación León es probablemente retrabajada, citando dos ejemplos de foraminíferos como Quinqueloculina y Trochammina derivadas del Cretácico, y menciona así mismo otros géneros del Eoceno. Este autor así mismo sugiere la correlación entre la Formación León con la Formación Palmar (definida en Trujillo, Venezuela) considerada con una edad desde Mioceno temprano a Mioceno Medio. Van Der Hammen (1957 a y b; citado en Van Der Hammen, 1958) establece una edad para la Formación León de Oligoceno medio. En consecuencia, en los trabajos mencionados no existe un consenso acerca de la edad, una referencia respecto a este vacío es la realizada por Porta et al. (1974) que señala el carácter especulativo, que diferentes autores, realizan respecto a la edad de la Formación León. De modo similar a lo mencionado por Sutton (1946), González et al. (1980) hace referencia a la fauna redepositada en la parte inferior de la unidad e intervalos de moluscos de origen marino que apuntan a una edad ubicada en el Mioceno. La Formación León es correlacionable con la Formación Colorado en el Valle Medio del Magdalena y equivalente a la Formación Fausto en Venezuela (Notestein et al., 1944), mientras que Porta et al. (1974) indica que dada la imprecisión de la edad correspondiente a esta unidad no es posible formular una correlación, por otra parte, Grupo de Trabajo Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica Geología de la Plancha 88 – Cúcuta a escala 1:100.000 Departamento de Norte de Santander – Colombia 82 González et al. (1980) menciona un caso de sinonimia con la Formación Lobaterita definida por Sutton (1946) al intervalo lutítico aflorante en la quebrada Lobaterita en el Táchira (Venezuela), y resalta el uso de la unidad como informal en la estratigrafía. Espesor: El espesor de la Formación León se encuentra en un rango entre 510 a 785 metros, en algunos sectores como el flanco oriental del Anticlinal de Petrolea y espesores de 663 metros en el flanco oriental del Anticlinal de Leoncito (Notestein et al., 1944). Secciones estructurales realizadas en el levantamiento geológico de la plancha 88 – Cúcuta el espesor calculado es de 450 metros aproximadamente en el sector de Cerro Tasajero y la quebrada La Floresta. Edad: Oligoceno tardío (Notestein et al., 1944; ¿Van der Hammen, 1958) a Mioceno temprano?

PAGINA 93

Figura 47. Contacto entre la Formación León y el Grupo Guayabo.

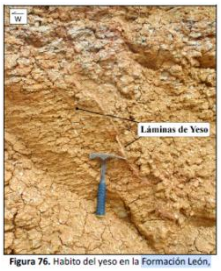


Figura 76. Habito del yeso en la Formación León.

Figura 40. Parte superior de la Formación Guayabo inferior en contacto transicional con la Formación León.

Yeso pag 137

La Formación León (shales gris verdosos) debido a su ambiente de depositación, contiene grandes cantidades de yeso sobre planos de fractura y planos de estratificación. El uso principal de este mineral en la construcción es como aislante térmico, relieves arquitectónicos, en la elaboración de cemento y en la agricultura (Figura 76).

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Son consideradas como impermeables, muy compactas, y plásticas que definen a la formación como un acuitardo.

ARCHIVO 6

Formación León (E3l)

Nombre y sección tipo

Inicialmente, esta unidad fue definida en 1931 por Hedberg (en De Porta et al., 1974) y, posteriormente, redefinida por Notestein et al. (1944) en el área de la Concesión Barco, La localidad tipo se encuentra en la quebrada León, afluente del río Zulia, donde está compuesta predominantemente por lodolitas grises y gris verdes, con escasas intercalaciones de areniscas de cuarzo, grises, grano fino a medio. (Royero, 2001).

Descripción litológica

Se observa esta unidad en el extremo noreste de la plancha 98-Durania conformada en general por lodolitas grises y gris verdosas, con escasas intercalaciones de areniscas cuarzosas grises de grano fino a medio en capas medias.

Espesor, posición estratigráfica y edad

El espesor determinado en el área de estudio no pudo ser determinado. INGEOMINAS (1967) en el informe del cuadrángulo G-13 Cúcuta menciona un espesor promedio de 545 m. El contacto inferior con la Formación Carbonera es normal y se marca donde ocurre el cambio de las areniscas de esta a las lodolitas de la Formación León. El contacto superior es concordante con el Grupo Guayabo. INGEOMINAS (1967).

Notestein et al, (1944) con base en fauna y Van Der Hammen (1958) con datos palinológicos establecen una edad Oligoceno medio. Así mismo, la Formación León se correlaciona parcialmente con las formaciones Mugrosa y Colorado del Valle Medio del Magdalena (Royero, 2001).

Ambiente de depósito

De acuerdo con las características litológicas de esta unidad, Royero (2001) sugiere un ambiente de depositación transicional deltaico.

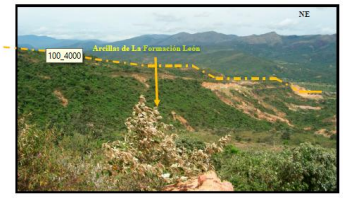


Figura 49. Zona de explotación de arcillas de la Formación León. Ladrillera Sigma. Municipio de Los Patios.